



(51) 国際特許分類6 H01L 41/09, 41/24	A1	(11) 国際公開番号 WO99/01901
		(43) 国際公開日 1999年1月14日(14.01.99)

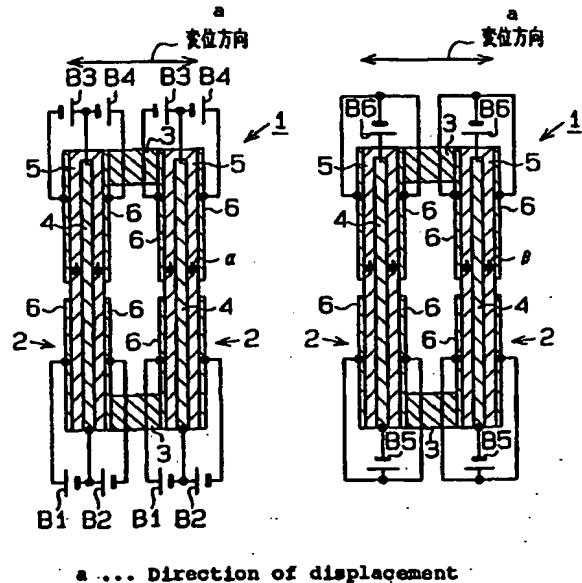
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/02991	(22) 国際出願日 1998年7月2日(02.07.98)	(72) 発明者；および (75) 発明者／出願人(米国についてのみ) 岩田 仁(IWATA, Hitoshi)[JP/JP] 糸魚川貢一(ITOIGAWA, Koichi)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 株式会社 東海理化電機製作所内 Aichi, (JP)
(30) 優先権データ 特願平9/179599 1997年7月4日(04.07.97)	JP	(74) 代理人 弁理士 恩田博宣(ONDA, Hironori) 〒500-8731 岐阜県岐阜市大宮町2丁目12番地の1 Gifu, (JP)
(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 株式会社 東海理化電機製作所(KABUSHIKI KAISHA TOKAI RINKA DENKI SEISAKUSHO)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 Aichi, (JP)		(81) 指定国 US, 欧州特許(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(71) 出願人；および (72) 発明者 福田敏男(FUKUDA, Toshio)[JP/JP] 〒461-0042 愛知県名古屋市東区矢田町2丁目66番地 Aichi, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書
新井史人(ARAI, Fumihiro)[JP/JP] 〒464-0852 愛知県名古屋市千種区青柳町6丁目5番地の1 Aichi, (JP)		

(54) Title: PARALLEL PLATE STRUCTURE PROVIDED WITH PZT THIN-FILM BIMORPH AND METHOD OF FABRICATION THEREOF

(54) 発明の名称 PZT薄膜バイモルフを備える平行板構造体、及びその製造方法

(57) Abstract

A parallel plate structure (1) is provided with a pair of bimorph piezoelectric elements (2) and prismatic insulation spacers (3) inserted between the piezoelectric elements (2) at the upper and lower ends thereof for cementing the piezoelectric elements (2) together via the spacers (3). Each piezoelectric element (2) comprises a planar base material (4) of titanium, PZT thin films (5) formed on both sides of the base material (4) by the hydrothermal method, and electrode films (6) formed on the PZT thin films (5). The base material (4) is 20 μm thick and the PZT thin films (5) are several μm thick, while the aluminum electrode films (6) are several μm thick.



(57)要約

平行板構造体1は、一对のバイモルフからなる圧電素子(2)と、同圧電素子(2)間の上下両端に配置されたに角柱状の絶縁スペーサ(3)とを備える。圧電素子(2)は、絶縁スペーサ(3)により互いに固着されている。圧電素子(2)は、チタンからなる平板状の基材(4)と、同基材(4)の両面に水熱法を用いて形成されたPZT薄膜(5)と、同PZT薄膜(5)上に形成された電極膜(6)とを含む。基材(4)は20μmの厚みを有し、PZT薄膜(5)は数μmの厚みを有し、アルミニウムからなる電極膜(6)は数μmの厚みを有する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL アルバニア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SI スロヴェニア
AM アルメニア	FR フランス	LR リベリア	SK スロヴァキア
AT オーストリア	GA ガボン	LS レンボン	SL シエラ・レオネ
AU オーストラリア	GB 英国	LT リトアニア	SN セネガル
AZ アゼルバイジャン	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SZ スウェーデン
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE グルジア	LV ラトヴィア	TD チャード
BB バルバドス	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴ
BE ベルギー	GM ガンビア	MD モルドバ	TJ タジキスタン
BF ブルガリア・ファソ	GN ギニア	MG マダガスカル	TM トルクメニスタン
BG ブルガリア	GW ギニア・ビサオ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR トルコ
BJ ベナン	GR ギリシャ	共和国	TT トリニダッド・トバゴ
BR ブラジル	HR クロアチア	ML マリ	UA ウクライナ
BY ベラルーシ	HU ハンガリー	MN モンゴル	UG ウガンダ
CA カナダ	ID インドネシア	MR モーリタニア	US 米国
CF 中央アフリカ	IE アイルランド	MW マラウイ	UZ ウズベキスタン
CG コンゴ	IL イスラエル	MX メキシコ	VN ヴィエトナム
CH スイス	IN インド	NE ニジェール	YU ユーロースラビア
CI コートジボアール	IS アイスランド	NL オランダ	ZW ジンバブエ
CM カメルーン	IT イタリア	NO ノルウェー	
CN 中国	JP 日本	NZ ニュージーランド	
CU キューバ	KE ケニア	PL ポーランド	
CY キプロス	KG キルギスタン	PT ポルトガル	
CZ チェコ	KP 北朝鮮	RO ルーマニア	
DE ドイツ	KR 韓国	RU ロシア	
DK デンマーク	KZ カザフスタン	SD スーダン	
EE エストニア	LC セントルシア	SE スウェーデン	
ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SG シンガポール	

明細書

P Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体、及びその製造方法

技術分野

本発明はP Z T (Lead (Pb) Zirconate Titanate) 薄膜バイモルフを備える平行板構造体、及びその製造方法に係り、より詳しくは圧電アクチュエータとして使用される構造体に関する。

背景技術

従来から、板状の基材と、同基材の表裏両面に形成された圧電素子として2枚のP Z T (ジルコン・チタン酸鉛：チタン酸鉛およびジルコン酸鉛の固溶体からなるセラミックス) 素子と、各P Z T素子上に形成された電極とからなるバイモルフ (Bimorph) が知られている。一方のP Z T素子が伸びるのに対して、他方のP Z T素子が縮むように、両P Z T素子に対して電圧が印加される。その結果、バイモルフが全体的に特定の方向に変位するため、同バイモルフはアクチュエータとして利用される。

ところが、上記バイモルフにおいて、予め形成された個々のP Z T素子を使用する場合、その素子を後の工程で薄く形成することは難しい。従って、バイモルフの小型化が難しいという問題がある。また、P Z T素子は基材の表裏面にそれぞれ貼り付けるための工程に時間がかかるため、バイモルフの製造時間が長くなるという問題がある。

さらに、バイモルフは一体的に形成された1枚の板状をなすため、同バイモルフに外力が加わると所望の変位方向以外の方向に変位しやすい。この場合、バイモルフは正確に変位せず捩じれた状態で変位するという問題がある。

発明の開示

本発明の目的は、大きな変位を得ることができるP Z T薄膜バイモルフを備える平行板構造体を提供することにある。

本発明の別の目的は、大量生産および小型化に適し、かつ振じれ難いP Z T薄膜バイモルフを備える平行板構造体を提供することにある。

本発明の更に別の目的は、生産性に優れたP Z T薄膜バイモルフを備える平行板構造体の製造方法を提供することにある。

本発明のバイモルフを備える平行板構造体によると、チタン基材の第1及び第2の面に形成されたP Z T薄膜が薄いため、バイモルフは小型化され、その結果、構造体全体としても小型化される。又、平行板構造体は、一対のバイモルフがスペーサを介して積層された2重構造をなすため、構造体は向上した剛性を有し、振じれに対して強い。

構造体を変位させる場合、各バイモルフの第1の面において、隣接する電極に対して互いに逆極性の電位が印加される。また、各バイモルフの第2の面において、隣接する電極に対して互いに逆極性の電位が印加される。この結果、分極方向に電界が印加されたP Z T薄膜の部分は縮み、分極方向と反対方向に電界が印加されたP Z T薄膜の部分は伸びる。

各バイモルフは、同様に電圧が印加されているため、同一方向に変位する。そして、各バイモルフの各面において隣接する電極には、互いに異なる極性の電圧が印加されるため、異なる極性の電圧が印加されたP Z T薄膜は、互いに逆方向に変位する。この結果、隣接する電極に対応するP Z T薄膜の部分は、逆方向に変位するため、構造体はS字又は逆S字状に湾曲して変位することになる。

図面の簡単な説明

図1 (a) は、本発明の一実施形態に従うP Z T薄膜バイモルフを備える平行板構造体に対する電圧の印加方法を示す断面図。

図1 (b) は、図1 (a) の構造体に対する別の電圧の印加方法を示す断面図

図2 (a) は、構造体の変位状態を示す断面図。

図2 (b) は、構造体の別の変位状態を示す断面図。

図3は、基材を示す断面図。

図4は、P Z T薄膜にて被覆された基材を示す断面図。

図5は、電極膜が形成された基材を示す断面図。

図6は、電極膜をパターンニングして形成された圧電素子を示す断面図。

図7は、図6の圧電素子を示す斜視図。

図8は、平行板構造体の組付け方法を示す分解斜視図。

図9は、組み付けられた平行板構造体を示す斜視図。

図10は、図9の構造体を示す斜視図。

図11は、比較例のバイモルフを備える構造体を示す斜視図。

図12は、図11の構造体が変位した状態を示す断面図。

図13は、平行板作動モード時における構造体を示す概略図。

図14は、単純湾曲作動モード時における構造体を示す概略図。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態に従うP Z T薄膜バイモルフを備える平行板構造体を図1乃至図10を参照して説明する。図面に示されている各部材の厚みは、説明の便宜上、実際のものより適宜拡大されている。

図1 (a), (b) に示すように、平行板構造体1は、バイモルフからなる一对の平板状の圧電素子2と、同圧電素子2間に配置された角柱状の絶縁スペーサ3とからなる。スペーサ3は、構造体1の上下両端において圧電素子2を互いに接続し、圧電素子2間の短絡防止のために絶縁材料からなる。

各圧電素子2は、均一な厚みを有する平板状のチタン基材4と、同チタン基材4の両側面上に形成されたP Z T薄膜5と、各P Z T薄膜5上に形成された上下一对の電極膜6とを含む。各電極膜6は互いに絶縁され、一方の電極膜6は対応するP Z T薄膜5の一端からほぼ中央部まで延び、他方の電極膜6は対応するP

ZT薄膜5の他端からほぼ中央部まで延びる。また、各電極膜6は、対応するPZT薄膜5のほぼ半分の面積を有する。基材4は20μmの厚みを有し、PZT薄膜5は数十μmの厚みを有する。電極膜6はアルミニウムからなり、数μmの厚みを有する。

構造体1をアクチュエータとして使用する場合、図1(a), (b)に示すように直流電源B1～B4が構造体1に接続される。図1(a)において、PZT薄膜5の分極方向は矢印 α で示されている。電源B1, B2は直列に接続され、電源B1のプラス端子は、各圧電素子2下部における左側の電極膜6に接続され、電源B2のマイナス端子は、各圧電素子2下部における右側の電極膜6に接続され、電源B1, B2間の接続点はチタン基材4に接続されている。

一方、電源B3, B4は、電源B1, B2と同様に直列に接続されている。電源B4のプラス端子は、図1(a)の各圧電素子2上部における右側の電極膜6に接続され、電源B3のマイナス端子は各圧電素子2上部における左側の電極膜6に接続され、電源B3, B4間の接続点は基材4に接続されている。

電源B1, B2間の接続点のチタン基材4への接続と、電源B3, B4間の接続点のチタン基材4への接続とは、チタン基材4の両側のPZT薄膜5のそれぞれに、均一に電界を印加するためのものである。しかしながら、各PZT薄膜5の膜厚が均一であれば、上記接続点を基材4に接続する必要はない。電源B1～B4は同一の電圧を有し、その電圧は各電極膜6を介してPZT薄膜5に印加される。ここで、各圧電素子2の上側と下側には、互いに異なる極性の電圧が印加される。

構造体1の下端(基端)を台(図示しない)に固定した状態で、図1(a)に示すように構造体1に対して電圧を印加するとき、分極方向に電界が印加されたPZT薄膜5の部分は分極方向に伸び、分極方向と直交する方向に縮む。これに対して、分極方向と反対方向に電界が印加されたPZT薄膜5の部分は分極方向に縮み、分極方向と直交する方向に伸びる。この結果、図2(a)に示すように、構造体1は、下部が左側に湾曲し、上部が右側に湾曲するように変位する。以

下、P Z T薄膜5の伸びる方向または縮む方向は、分極方向と直交する方向について述べる。

又、図1 (a) とは逆極性の電圧をP Z T薄膜5に印加した場合には、各圧電素子2の右側上部及び左側下部は伸び、各圧電素子2の左側上部および右側下部は縮む。この結果、図2 (b) に示すように、構造体1は、下部が右側に湾曲し、上部が左側に湾曲するように変位する。

なお、図2 (a), (b) においては、電極膜6は省略されており、P Z T薄膜5の圧縮された部分5aは左下がりのハッチングにて示し、伸びた部分5bは右下がりのハッチングにて示されている。

図1 (b) において、P Z T薄膜5の分極方向は矢印 β で示されている。同図に示すように、電源B5のマイナス端子は基材4に接続され、電源B5のプラス端子は各圧電素子2の下部両側の電極膜6に接続されている。電源B6のマイナス端子は基材4に接続され、電源B6のプラス端子は各圧電素子2の上部両側の電極膜6に接続されている。電源B5によりP Z T薄膜5に対してプラス電位が印加されるとき、右側下部のP Z T薄膜5は伸び、左側下部のP Z T薄膜5は縮む(図1 (b) においては、左側へ変形する)。これに対して、電源B6によりP Z T薄膜5に対してマイナス電位が印加されるとき、右側上部のP Z T薄膜は縮み、左側上部のP Z T薄膜5は伸びる。従って、図2 (a) に示すように構造体1は、下部が左側に湾曲し、上部が右側に湾曲するように変位する。このP Z T薄膜5の分極方向 β である場合、図1 (a) の電源B1～B4の半分の電圧で、図1 (a) と同じ量の変位が得られる。

又、図1 (b) とは、逆極性の電圧をP Z T薄膜5に印加する場合には、図2 (b) に示すように、構造体1は、下部が右側に湾曲し、上部が左側に湾曲するように変位する。

次に、構造体1の製造方法を図3乃至図10を参照して説明する。

図3に示すように、チタンからなる母材4Aが提供される。母材4Aは均一な厚みを有し、かつ平板状をなす。母材4Aは、上記構造体1の基材4の複数個分

の面積を有している。まず、母材4Aは酸等でクリーニングされた後、母材4Aの一端部（図1において、基端となる側）を合成樹脂、又はスパッタリングや真空蒸着等の物理的成膜法によりチタン以外の金属にて被覆してマスクMが形成される。

次に、図4に示すように、母材4Aの両面に水熱法を用いてPZT薄膜5が形成される。この水熱法は以下の2つの段階からなっている。

（第1段階）

母材4A、原材料であるオキシ塩化ジルコニウム（ $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ）と硝酸鉛（ $Pb(NO_3)_2$ ）との水溶液、及び鉱化剤としてのKOH（8N）溶液がテフロン瓶（図示しない）に投入されて攪拌される。なお、PZT薄膜5の圧電性は、PZT薄膜5におけるチタン酸鉛およびジルコン酸鉛の構成組成比によって決まるため、後にできあがるPZT薄膜5の圧電性に応じてオキシ塩化ジルコニウムと硝酸鉛とのモル比が決められる。

次に、圧力容器（図示しない）内において、母材4Aを上方に配置した状態で、オキシ塩化ジルコニウム（ $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ）、硝酸鉛（ $Pb(NO_3)_2$ ）の水溶液、及びKOH（8N）溶液が混合され、300 rpmの速度で攪拌しながら、その混合液が加熱および加圧される。ここでいう加圧とは、加熱された溶液の蒸気圧による加圧のことである。温度条件は150°Cで、48時間にわたってこの処理が継続して行われる。この結果、過飽和状態で、母材4Aの両側面にPZTの種結晶（結晶核）が形成される。種結晶が形成された後、母材4Aは圧力容器から取り出され、水洗および乾燥される。

（第2段階）

次に、種結晶を有する母材4A、原材料としてのオキシ塩化ジルコニウム（ $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ）と硝酸鉛（ $Pb(NO_3)_2$ ）との水溶液、四塩化チタン（ $TiCl_4$ ）及び鉱化剤としてのKOH（4N）溶液がテフロン瓶（図示しない）に投入されて攪拌される。ここでも、オキシ塩化ジルコニウムと硝酸鉛とのモル比は、PZTの圧電性に応じて決められる。

次に、圧力容器（図示しない）内において、母材4Aを上方に配置した状態で、オキシ塩化ジルコニウム（ $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ）と硝酸鉛（ $Pb(NO_3)_2$ ）との水溶液、四塩化チタン（ $TiCl_4$ ）及びKOH（4N）溶液が混合され、300 rpmの速度で攪拌しながら、加熱および加圧される。ここでいう加圧とは、加熱された混合液の蒸気圧による加圧のことである。この処理は、120℃の温度で、48時間にわたって継続される。この結果、過飽和状態で、母材4Aの両側面に所定の厚み（この実施形態では数十μm）を有するPZT薄膜5が形成される（図4参照）。PZT薄膜5の形成後、母材4Aは圧力容器から取り出され、水洗および乾燥される。この後、マスクMが除去される。

次に、図5に示すように、スパッタリングや真空蒸着等の物理的成膜法により、PZT薄膜5を含む、母材4Aの両側面に電極膜6Aが形成される。図6及び図7に示すように、母材4Aから複数個分（この実施形態では3個分）の圧電素子2を取れるように、パターニングにより電極膜6Aの不要な部分が除去される。この結果、この実施形態では、図7に示すように母材4Aの両側面のPZT薄膜5上に複数個の電極膜6がそれぞれ矢印「A」で示す方向に沿って3列に並ぶように設けられる。各列は、2個の同一面積を有する同一形状の電極膜6から構成される。図7において、チタン基材4の両側面に設けられた各電極膜6は、それぞれ母材4Aを挟んで相対するように配置される。

図8に示すように、母材4Aの不要部分は除去される。続いて、PZT薄膜5および電極膜6を備えた一対の母材4Aが互いに相対させ、その両母材4A間に、合成樹脂からなる角柱状の絶縁スペーサ3が配置される。

図9に示すように、各母材4Aおよびスペーサ3は、硬化後に剛性の高くなる接着剤にて固定されることより、平行板構造体1Aとなる。この構造体1Aは、単一の構造体が互いに連結された構成となっている。

次に、構造体1Aは、電極膜6の列間に位置する点線に沿って切断され、図10に示すように単一の平行板構造体1に分離される。この切断は、放電加工、あるいはレーザカットにて行われる。

上述したように、この実施形態の構造体1では、圧電素子2の上部および下部に対して互いに極性の異なる電圧を印加することにより、構造体1は図2(a)、又は図2(b)に示すように変位する。この変位モードを以下、平行板作動モードという。

図11は、比較例としてバイモルフを備える平行板構造体21を示している。同図において、本実施形態の構造体1と同一の構成については、同一符号が付されている。

比較例の構造体21は、チタン基材4の各側面に、単一の電極膜26が形成されている点で本実施形態の構造体1と異なる。電源B1、B2は、構造体21に対してそれぞれ直列に接続されている。電源B1のプラス端子は、各圧電素子2の左側面の電極膜26に接続され、電源B2のマイナス端子は各圧電素子2の右側面の電極膜6に接続され、電源B1、B2間の接続点はチタン基材4に接続されている。なお、この比較例では、PZT薄膜5の分極方向は、図1(a)と同様とする。

構造体21の下端を台(図示しない)に固定した状態で、図11に示すように電圧を印加するとき、分極方向に電界が印加されたPZT薄膜5の部分は縮み、分極方向と反対方向に電界が印加されたPZT薄膜5の部分は伸びる。従って、構造体21は図11の左方へ変位する。

これに対して、図11とは逆極性の電圧を各圧電素子2に印加するとき、各圧電素子2の右側のPZT薄膜5は縮み、各圧電素子2の左側のPZT薄膜5は伸びる。従って、構造体21は図12示すように右方へ変位する。図12において、比較例の電極膜26は省略されている。ここで、PZT薄膜5の縮んだ部分5は左下がりのハッチングにて示され、伸びた部分は右下がりのハッチングにて示されている。

構造体1および構造体21に対して同じ電圧を印加する場合、構造体1の変位量は、構造体21のそれよりも大きい。その理由を図13及び図14を参照して説明する。図13は本実施形態の構造体1の変位を示し、図14は比較例の構造

体 2 1 の変位を示す。

図 1 4 において、自由端側の絶縁スペーサ 3 が無かった時の電圧印加時の変位を a とする。これに対し、絶縁スペーサ 3 を取付けると、圧電素子 2 の変位が絶縁スペーサ 3 により妨げられ、その変位は c ($c < a$) となる。図 1 3 においては、電極が 2 分割されているため、固定側の圧電素子 2 における変位は $a/2$ となり、さらに自由端側の圧電素子 2 は固定側の圧電素子と同様の変位をするため、その変位は $a/2$ となり、構造体 1 の全体の変位は a となる。従って、本実施形態の構造体 1 の方が変位量が大きい。

本実施形態では、P Z T 薄膜 5 は数十 μm と薄く形成しているため、圧電素子 2 の小型化、ひいては構造体 1 の小型化が図られる。

本実施形態の構造体 1 は、一対のバイモルフからなる圧電素子 2 がスペーサ 3 を介して積層された平行板構造であるため、捩じれに対する強度が向上している。

本実施形態の構造体 1 の製造方法によれば、水熱法により、一度に複数個の基材 4 に対して P Z T 薄膜 5 及び電極膜 6 が形成されるため、均一な品質を有する構造体 1 を効率的に生産される。スペーサを使用したバイモルフの固着は、構造体 1 の形成を容易とする。

本発明の実施形態は、次のように変更されてもよい。

圧電素子 2 間の絶縁性が確保されていれば、絶縁スペーサ 3 に代えて金属などの非絶縁性のスペーサが使用されてもよい。この場合、圧電素子 2 に対する固着は溶接等の他の手段により行われる。また、電極膜 6 はアルミニウムに代えて、Au (金) のような他の金属にて形成されてもよい。

電極膜 6、P Z T 薄膜 5、および基材 4 の厚みは上記数値に限定されるものではなく、適宜に変更されてもよい。

上記実施形態では、1 つの母材 4 A から採られるバイモルフは 3 個であるが、2 個以下或いは 4 個以上のバイモルフが 1 つの母材 4 A から形成されてもよい。

請求の範囲

1. 互いに平行に配置された一対のバイモルフ (2) と、前記バイモルフ (2) を互いに連結するためのスペーサ (3) とを備える平行板構造体であって、各バイモルフ (2) は、チタン基材 (4) と、同チタン基材 (4) は第 1 の面と、同第 1 の面と反対側に位置する第 2 の面とを有することと、各第 1 及び第 2 の面上に形成された P Z T 薄膜 (5) とを備え、前記平行板構造体は、各 P Z T 薄膜 (5) 上に形成され、同一の方向に沿って延び、互いに離間された複数の電極 (6) を備えることを特徴とする。
2. 請求項 1 に記載の平行板構造体において、各第 1 及び第 2 の面上の電極 (6) の数は第 1 および第 2 の電極 (6) を含む 2 個であることを特徴とする。
3. 請求項 2 に記載の平行板構造体において、前記第 1 の電極 (6) は対応する P Z T 薄膜 (5) の一端からほぼ中央部まで延び、前記第 2 の電極 (6) は対応する P Z T 薄膜 (5) の他端からほぼ中央部まで延びることを特徴とする。
4. 請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の平行板構造体において、前記 P Z T 薄膜 (5) は、水熱法を用いて形成されていることを特徴とする。
5. 請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の平行板構造体において、前記スペーサ (3) は前記バイモルフ (2) の一端に設けられ、同バイモルフ (2) の他端に設けられるスペーサ (3) を更に備え、両スペーサ (3) は絶縁体であることを特徴とする。

6. 平行板構造体の製造方法は、

チタン基材（4）を提供する工程と、

水熱法により、チタン基材（4）の第1の面と、第1の面の反対側に位置する第2の面とにP Z T薄膜（5）を形成する工程と、

各P Z T薄膜（5）上に複数の電極（6）を同一の方向に沿って並ぶように形成することによりバイモルフ（2）を得る工程と、

一対のバイモルフ（2）を互いに平行に相対させ、両バイモルフ（2）をスペーサ（3）により固定する工程とを備えることを特徴とする。

7. 請求項6に記載の方法において、バイモルフ（2）を得る工程は、各P Z T薄膜（5）上に同一方向に延びる複数の列の電極（6）を形成した後に、各列間を切断する工程を含むことを特徴とする。

8. 請求項6又は7に記載の方法において、水熱法は、

チタン基材（4）の第1及び第2の面上に種結晶を形成する工程と、

チタン基材（4）の第1及び第2の面上にP Z Tの結晶を成長させる工程とを含むことを特徴とする。

9. 請求項8に記載の方法において、種結晶形成工程は、硝酸鉛溶液、およびオキシ塩化ジルコニウムを鉱化剤とともに混合し、攪拌しながら加圧及び加熱することを含む。

10. 請求項8に記載の方法において、結晶成長工程は、硝酸鉛溶液、およびオキシ塩化ジルコニウムを鉱化剤とともに混合し、攪拌しながら加圧及び加熱する工程を含むことを特徴とする。

11. 請求項9又は10に記載の方法において、前記加圧は、加熱された混合液

の蒸気圧によって行われることを特徴とする。

12. 請求項6～11の何れか1項に記載の方法において、PZT薄膜(5)を形成する工程の前に、チタン基材(4)の所定部分にマスクを予め施すことを特徴とする。

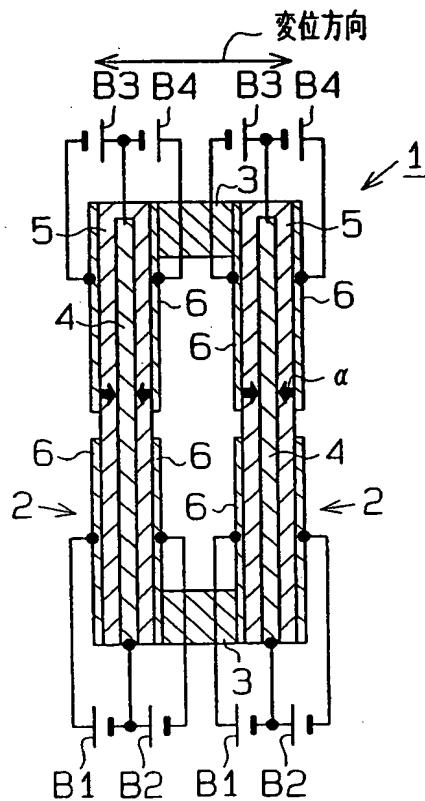
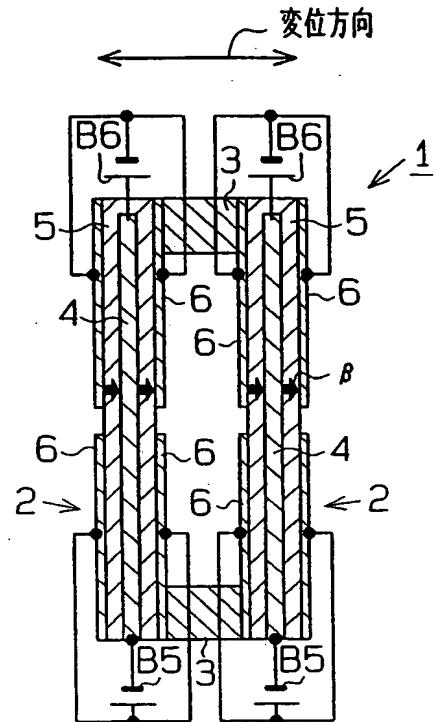
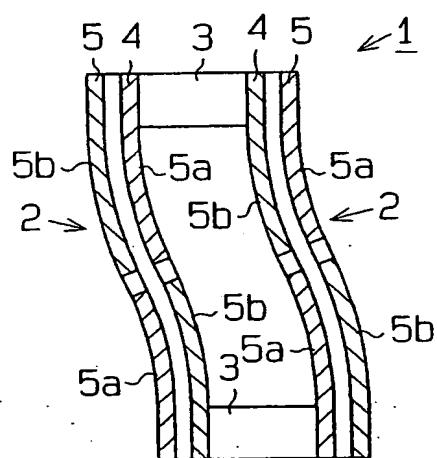
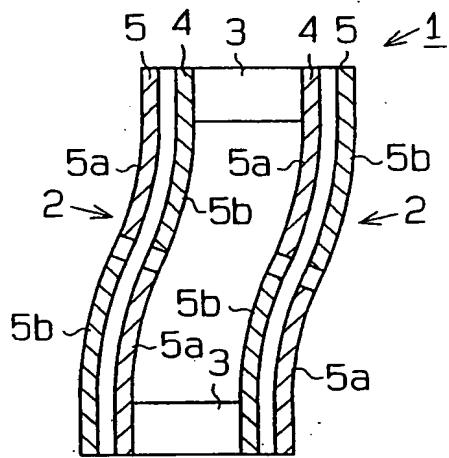
Fig.1 (a)**Fig.1 (b)****Fig.2 (a)****Fig.2 (b)**

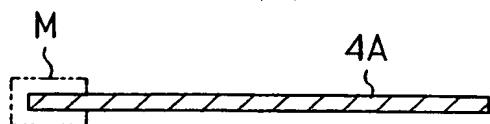
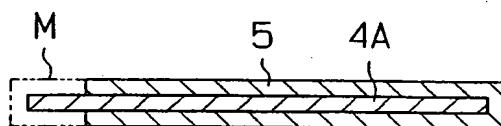
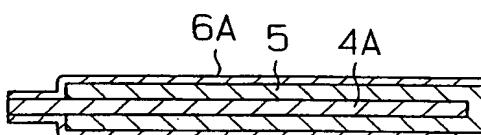
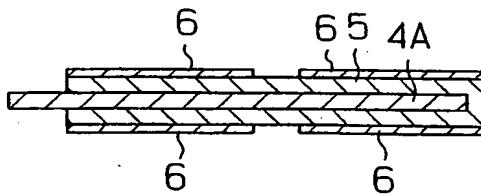
Fig.3**Fig.4****Fig.5****Fig.6**

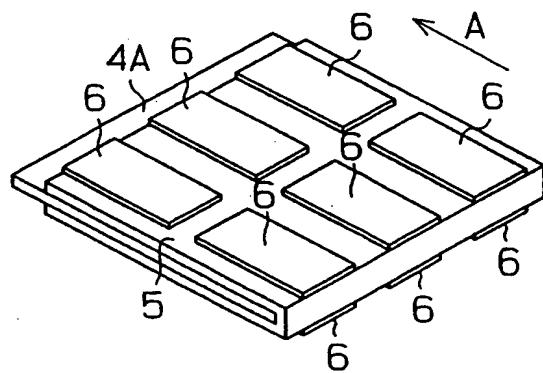
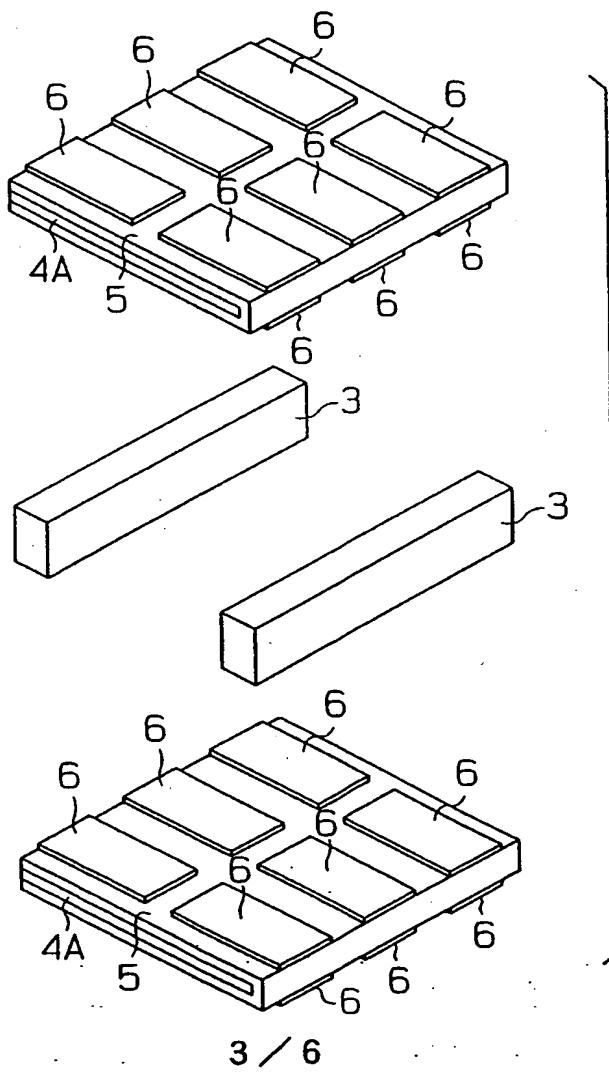
Fig.7**Fig.8**

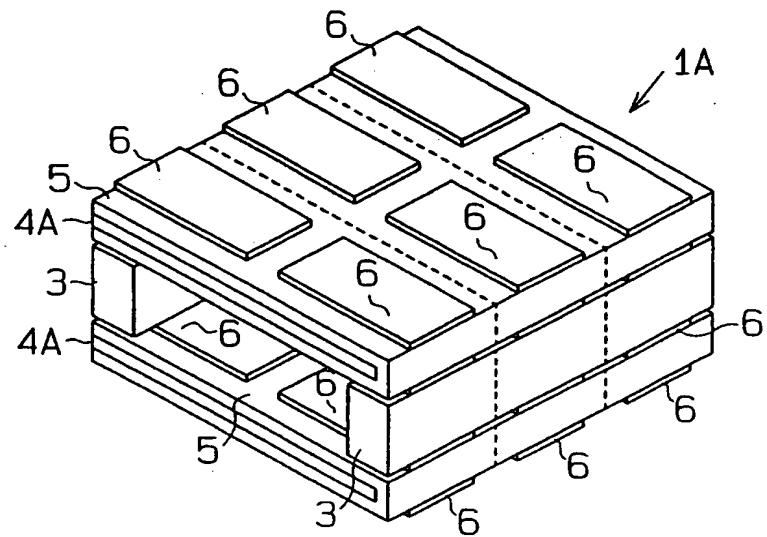
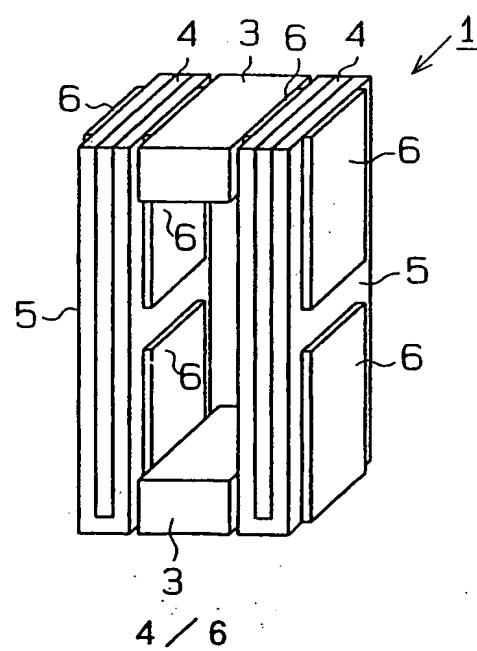
Fig.9**Fig.10**

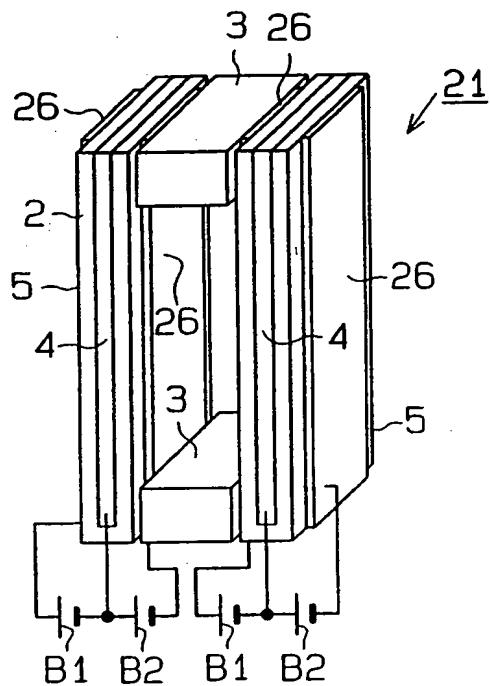
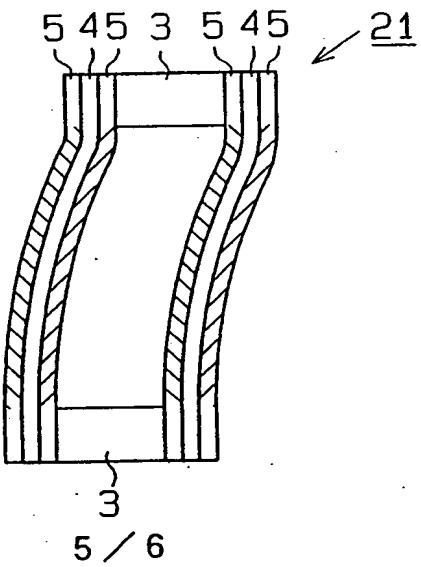
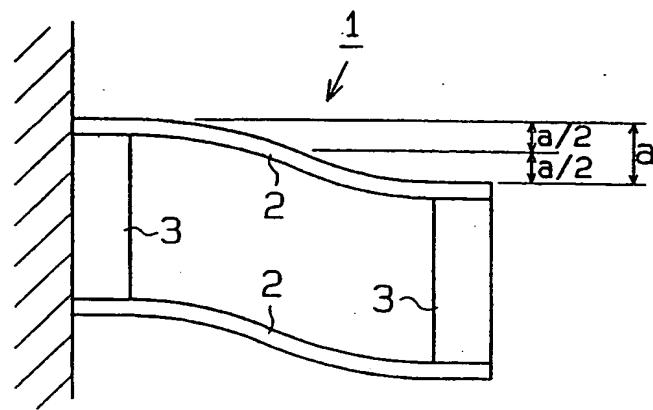
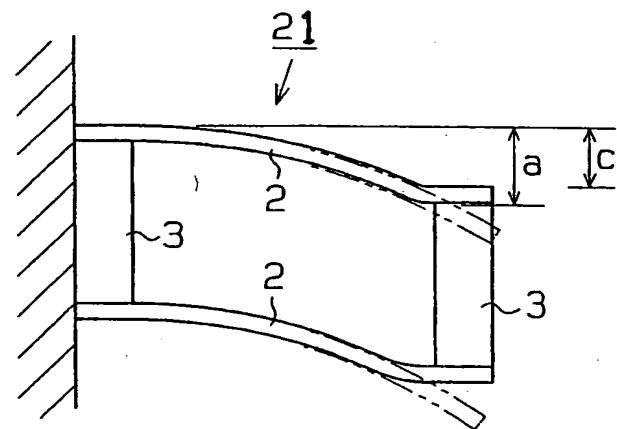
Fig.11**Fig.12**

Fig.13**Fig.14**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/02991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ H01L41/09, 41/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ H01L41/09, 41/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1998	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1998	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 59-229733, A (Sharp Corp.), 24 December, 1984 (24. 12. 84) (Family: none)	1-12
Y	JP, 59-111060, Y2 (Tokin Corp.), 26 July, 1984 (26. 07. 84) (Family: none)	1-12
Y	JP, 62-146426, A (Asahi Optical Co., Ltd.), 30 June, 1987 (30. 06. 87) (Family: none)	1-12
Y	JP, 04-65470, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 8 June, 1992 (08. 06. 92) (Family: none)	1-12
Y	JP, 05-259525, A (Ube Industries, Ltd.), 8 October, 1993 (08. 10. 93) (Family: none)	1-12
Y	JP, 08-293631, A (Tokin Corp.), 5 November, 1996 (05. 11. 96) (Family: none)	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

• Special categories of cited documents:	
• "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
• "E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
• "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
• "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
• "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
13 October, 1998 (13. 10. 98)

Date of mailing of the international search report
20 October, 1998 (20. 10. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁶ H 01 L 41/09, 41/24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁶ H 01 L 41/09, 41/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1998年
 日本国公開実用新案公報 1971-1998年
 日本国登録実用新案公報 1994-1998年
 日本国実用新案登録公報 1996-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 59-229733, A (シャープ株式会社) 24. 12 月. 1984 (24. 12. 84) (ファミリー無し)	1~12
Y	JP, 59-111060, Y2 (株式会社トーキン) 26. 07 月. 1984 (26. 07. 84) (ファミリー無し)	1~12
Y	JP, 62-146426, A (旭光学工業株式会社) 30. 06 月. 1987 (30. 06. 87) (ファミリー無し)	1~12
Y	JP, 04-65470, A (松下電器産業株式会社) 08. 06 月. 1992 (08. 06. 92) (ファミリー無し)	1~12

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 10. 98

国際調査報告の発送日

20.10.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井原 純



4M

9354

電話番号 03-3581-1101 内線 3464

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP, 05-259525, A (宇部興産株式会社) 08. 10 月. 1993 (08. 10. 93) (ファミリー無し)	1~12
Y	JP, 08-293631, A (株式会社トーキン) 05. 11 月. 1996 (05. 11. 96) (ファミリー無し)	1~12